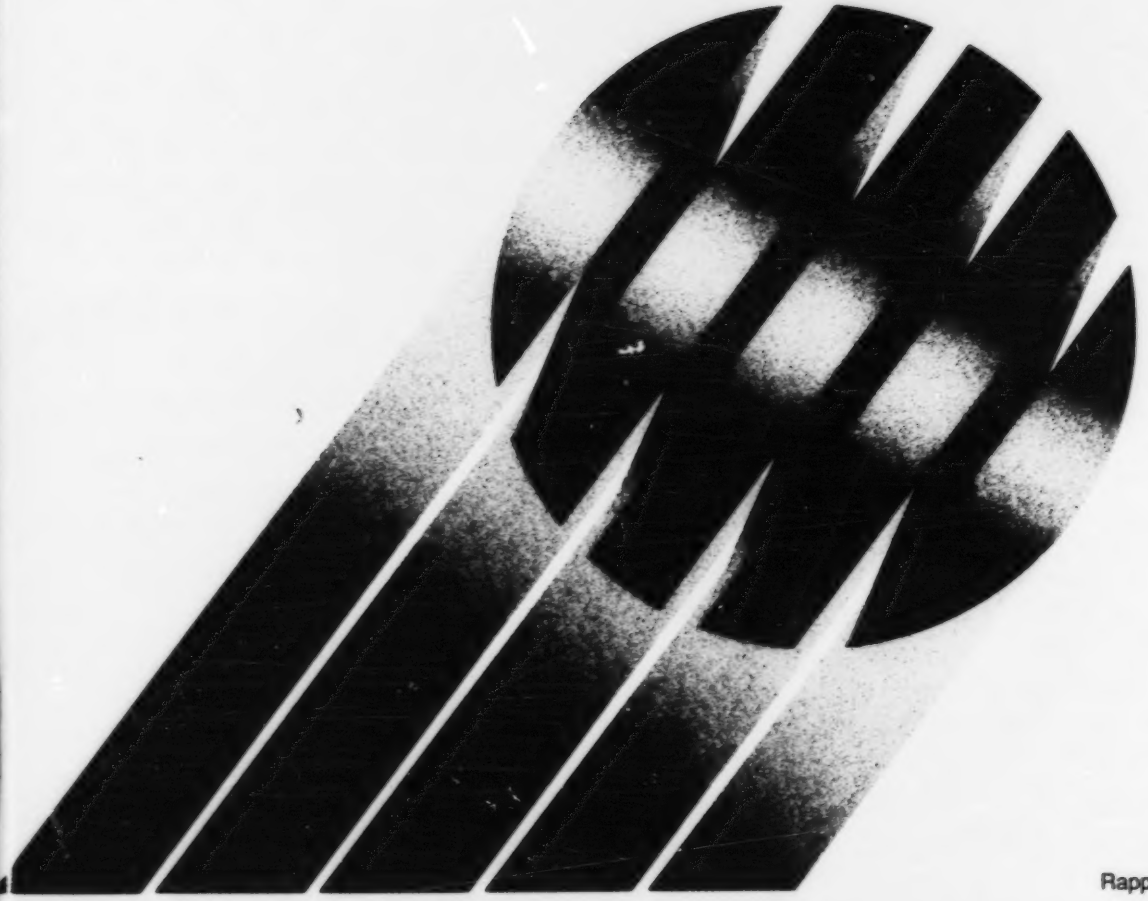
CANMET

Canada Centre for Mineral and Energy Technology

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

Rapport sommaire nº 2 : Célestine

R.K. Collings et P.R.A. Andrews
Laboratoires des sciences minérales



Rapport de CANMET 88-3F

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

Canada

THE ENERGY OF OUR RESOURCES · THE POWER OF OUR IDEAS

L'ÉNERGIE DE NOS RESSOURCES · NOTRE FORCE CRÉATRICE

RAPPORT SOMMAIRE Nº 2 : CÉLESTINE

R.K. COLLINGS et P.R.A. ANDREWS
Laboratoire de traitement des minéraux

LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES
RAPPORT 88-3F DE CANMET

34 pp

Janvier 1988

MICROMEDIA

91-05459/

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1991

En vente au Canada par l'entremise des

Librairies associées
et autres librairies

ou par la poste auprès du

Groupe Communication Canada – Édition
Ottawa, Canada K1A 0S9

Cat. No. M38–13/88–3F
ISBN 0–660–93233–4

RAPPORT SOMMAIRE N° 2 : CÉLESTINE

par

R.K. Collings* et P.R.A. Andrews**

Résumé

La célestine (sulfate de strontium – $SrSO_4$) et la strontianite (carbonate de strontium – $SrCO_3$) sont les deux principaux minerais de strontium. La célestine, variété plus commune, constitue, de loin, la principale source commerciale de strontium.

Plus de 35 gisements de célestine ont été identifiés au Canada, en particulier à Terre-Neuve, en Nouvelle-Écosse, au Nouveau-Brunswick, en Ontario et en Colombie-Britannique. Les gîtes de Lake Enon et de MacRae, dans le district de Loch Lomond, Île-du-Cap-Breton, N.-É., semblent les plus rentables. Le gisement de Lake Enon a été exploité de 1969 à 1976 par la Kaiser Celestite Mining Limited qui a fourni un concentré de célestine enrichi à une installation de traitement de carbonate (strontianite) située à Point Edward, près de Sydney. Le gisement de MacRae présente un intérêt particulier pour Chromasco, une division de Timminco Limited, Haley (Ontario), qui envisage son exploitation en vue de produire de la strontianite.

La célestine sert à la fabrication de produits chimiques composés principalement de carbonate (strontianite), de nitrate de strontium et d'hydroxyde (strontiane). Les produits chimiques composés de strontium, quant à eux, sont utilisés pour la fabrication du verre, de céramiques et de dispositifs pyrotechniques. Ils servent également à la production de métal et à d'autres applications métallurgiques.

La valorisation de la célestine en provenance de la Nouvelle-Écosse, contenant du $SrSO_4$ dans une proportion de 50 à 60 %, est nécessaire afin d'obtenir un produit contenant du $SrSO_4$ dans une proportion de 90 % pour la fabrication des produits chimiques à base de strontium. La valorisation de la célestine consiste dans le lavage et la flottation du minerai afin d'en éliminer la glaise, le calcite et la silice. Le sulfate de strontium enrichi peut être transformé en carbonate par un certain nombre de procédés, le plus rentable étant "la cendre noire" qui comprend la lixiviation chimique, la calcination avec du coke de pétrole, le lavage, et le traitement au monoxyde de carbone.

Les minerais de strontium, provenant des gisements de Lake Enon et de MacRae de même que de Birch Island, C.-B., ont fait l'objet d'une étude exhaustive de la part de CANMET. Le rapport ne fait mention que des gisements de la Nouvelle-Écosse parce qu'ils sont constitués principalement de célestine. Le gisement de Birch Island consiste, en général, de fluorine contenant de la célestine secondaire. Les études des minerais en provenance de la Nouvelle-Écosse démontrent la faisabilité technique du développement des gisements de Loch Lomond, en particulier, en tant que sources de sulfate (célestine) pour la fabrication de produits chimiques à partir de strontium.

---

*Ancien chef et **Ingénieur, Section de la minéralurgie, Minéraux industriels, Laboratoire de traitement des minéraux, CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario) K1A 0G1.

SUMMARY REPORT NO. 2: CELESTITE

by

R.K. Collings* and P.R.A. Andrews**

Abstract

Celestite (strontium sulphate – $SrSO_4$) and strontianite (strontium carbonate – $SrCO_3$) are the two principal strontium minerals; the former is the more common and by far the chief commercial source of strontium.

More than 35 deposits or occurrences of celestite have been identified in Canada, chiefly in Newfoundland, Nova Scotia, New Brunswick, Ontario and British Columbia. Of particular economic interest are the Lake Enon and MacRae deposits in the Loch Lomond district of Cape Breton Island, N.S. The Lake Enon deposit was operated from 1969 to 1976 by Kaiser Celestite Mining Limited, which supplied an upgraded celestite concentrate to an associated strontium carbonate plant at Point Edward, near Sydney. The MacRae deposit is of current interest to Chromasco, a division of Timminco Limited, Haley, Ont., which is considering its possible development for strontium carbonate manufacture.

Celestite is used in the manufacture of strontium chemicals, principally strontium carbonate, nitrate, and hydroxide. Strontium chemicals, in turn, are used in the manufacture of glass and ceramics, in pyrotechnic devices, in the production of strontium metal and in other metallurgical applications.

Beneficiation of Nova Scotia celestite ores, which grade 50 to 60% $SrSO_4$, is necessary to upgrade the product to 90% $SrSO_4$, the feed grade required for strontium chemicals manufacture. Beneficiation consists chiefly of washing and flotation to remove undesirable clay, calcite and silica. The beneficiated strontium sulphate may be converted to the carbonate by a number of processes, the most economic being the "black ash," which involves chemical leaching, rotary kiln calcining with petroleum coke, washing, and treatment with carbon dioxide.

Celestite ores from the Lake Enon and MacRae deposits, as well from Birch Island, B.C., have been extensively studied by CANMET. Only the Nova Scotia deposits are summarized in this report since they are primary celestite ores; the Birch Island deposit is principally a fluorite ore containing secondary celestite. Studies on the Nova Scotia ores demonstrate the technical feasibility of developing the Loch Lomond deposits, in particular, as viable sources of strontium sulphate for strontium chemicals manufacture.

---

*Former Head and **Minerals Engineer, Industrial Minerals Section, Mineral Processing Laboratory, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa, Ontario K1A 0G1.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ i
ABSTRACT iii
INTRODUCTION 1
MINÉRAUX CONTENANT DU STRONTIUM 1
Mode d'occurrence 1
PRINCIPAUX GISEMENTS DE CÉLESTINE 2
Lake Enon 2
MacRae 2
Autres 4
TECHNOLOGIE 4
EMPLOI ET SPÉCIFICATIONS 12
INTÉRÊT ACTUEL POUR CE MINÉRAL 13
ÉTUDES SUR L'ENRICHISSEMENT DU MINERAI 13
Envergure des recherches 15
Analyses d'échantillons de minerai 15
Minéralogie 15
Birch Island, C.-B. 15
Lake Enon, N.-É. 18
MacRae, N.-É. 18
CONCLUSIONS 18
REMERCIEMENTS 19
BIBLIOGRAPHIE 20

TABLEAUX

1. Gisements et venues de célestine 5
2. Spécifications relatives au concentré de célestine, en vue de la fabrication de carbone de strontium et de nitrate de strontium 14
3. Spécifications relatives au carbonate de strontium, en vue de la fabrication de strontium métallique, de verre et de matériel électronique 14
4. Résumé des principaux paramètres de flottation de la célestine provenant des minerais du Cap-Breton et de Birch Island 16
5. Résumé des données sur la concentration des réactifs employés dans la flottation de la célestine, dans le cas des minerais du Cap-Breton et de Birch Island 17

FIGURES

1. Principaux gisements de célestine du Canada 3
2. Schéma de production, Kaiser Celestite Mining Limited, minerai de Lake Enon 10
3. Schéma de production proposé, Chromasco, minerai de MacRae 11

ANNEXE

ÉTUDES SUR L'ENRICHISSEMENT DU MINERAI PROVENANT DES GISEMENTS DE CÉLESTINE AU CANADA 23

INTRODUCTION

Une étude des producteurs canadiens de minéraux industriels, réalisée en 1983 par CANMET (1), a permis d'identifier un certain nombre de problèmes particuliers au secteur des minéraux industriels de l'industrie minérale canadienne, de même que des occasions possibles de développement plus poussé et d'expansion. La réponse à cette enquête, et les discussions avec l'industrie et les fonctionnaires de l'État, ont montré qu'il était nécessaire de disposer d'information dans un certain nombre de secteurs, en particulier sur les gîtes minéraux, sur les études passées et actuelles d'enrichissement des minerais, sur les nouveaux modes de mise en valeur, ainsi que l'information sur les spécifications relatives aux produits, et sur les marchés potentiels de minéraux industriels du Canada.

En réponse à ces demandes, et compte tenu du fait que CANMET a directement participé à des études de R–D sur des échantillons de minéraux provenant d'un grand nombre des gîtes minéraux industriels du Canada, la décision a été prise de compiler l'information appropriée généralement archivée à CANMET et à EMR, et l'information disponible dans les bureaux du gouvernement provincial et dans le secteur privé, et cela dans une série de rapports sommaires sur un certain nombre de minéraux industriels. Les rapports séparés relatifs à chaque minéral contiennent en principe l'information sur les gîtes minéraux, sur les gîtes présentant un intérêt spécifique, sur les activités en cours, sur l'utilisation des produits et les spécifications relatives à ceux–ci, sur les procédés employés, et sur les résumés de R–D autrefois consacrés à des gisements particuliers. Le présent rapport, Rapport sommaire n° 2 : Célestine est le second de cette série.

MINÉRAUX CONTENANT DU STRONTIUM

Mode d'occurrence

La célestine (sulfate de strontium – $SrSO_4$) et la strontianite (carbonate de strontium – $SrCO_3$) sont les deux principaux minéraux à base de strontium; le premier, le plus abondant dans la nature, est de loin la principale source commerciale de strontium.

Un grand nombre des gisements de célestine d'importance commerciale se sont formés par concentration et précipitation du strontium dans des solutions circulant à travers ou au–dessus de formations sédimentaires composées par exemple de calcaire, de dolomie et de marnes. D'autres venues associées à du gypse ou à de l'anhydrite se sont sans doute formées par précipitation à partir de l'eau de mer, sous forme stratifiée. Occasionnellement, la célestine constitue un minéral de gangue dans les filons de plomb et zinc.

En général, les venues de célestine et de strontianite sont à peu près du même type que celles de barytine et de withérite ($BaCO_3$). Minéralogiquement, la célestine se rapproche étroitement de la barytine, les deux minéraux ayant la même apparence cristalline, dureté, couleur, et caractéristiques externes générales. La masse volumique de la barytine, qui est de 4,5, est légèrement plus élevée que celle de la célestine, qui est de 4,0. La célestine, qui contient 56,4 % de SrO, se présente sous une forme compacte et massive, sous forme d'agrégats fibreux enchevêtrés, et sous forme de cristaux tabulaires limpides. Les variétés massives et fibreuses sont généralement de couleur blanche ou bleue, tandis que les masses nodulaires sont parfois recouvertes d'un enduit d'oxyde de fer jaunes.

PRINCIPAUX GISEMENTS DE CÉLESTINE

Dawson (2) a répertorié plus de 37 venues ou gisements de célestine au Canada, et a noté qu'au moins huit gisements, bien que généralement petits, étaient productifs. Ces venues existent principalement à Terre-Neuve, en Nouvelle-Écosse, au Nouveau-Brunswick, en Ontario et en Colombie-Britannique. La plupart ne présentent qu'un intérêt économique limité, et les principales exceptions sont les gisements de Lake Enon et de MacRae dans la région de Loch Lomond, dans l'île du Cap-Breton (N.-É.). Parmi les gisements mineurs, le gisement de fluorine/célestine de Birch Island, en Colombie-Britannique, avait éveillé un certain degré d'intérêt par le passé. Ces gisements sont indiqués sur la carte, à la figure 1, et sont brièvement décrits ci-dessous.

Lake Enon

Le gisement de célestine de Lake Enon, situé à 50 km au sud-ouest de Sydney dans l'île du Cap-Breton, a été mis en valeur et exploité par la compagnie Kaiser Celestite Mining Limited de 1969 à 1976. Durant cette période, environ 300 000 tonnes de minerai ont été extraites de plusieurs mines à ciel ouvert, et 25 000 tonnes de plus extraites d'une mine souterraine expérimentale. Le minerai a été concentré dans une usine ayant une capacité de traitement de 500 t/j sur le site de la mine; et le concentré de célestine, contenant en moyenne 90 % de $SrSO_4$, était expédié à la compagnie Kaiser Strontium Products Limited, filiale de la première compagnie, située à Point Edward près de Sydney, où ce produit était converti en carbonate de strontium et autres produits chimiques à base de strontium, en particulier en nitrate et en hydroxyde de strontium.

La célestine de Lake Enon apparaît selon cinq horizons distincts dans des couches d'épaisseur variable, et est interstratifiée avec un calcaire, un shiste argileux, un grès fin et du gypse. Le minerai de qualité optimum peut contenir 85 à 95 % de célestine, 2 à 3 % d'oxyde de fer et 4 à 5 % de calcite et dolomite combinées. Cependant, le minerai de Lake Enon, à l'extraction, contenait habituellement 35 à 65 % de $SrSO_4$ seulement. Typiquement, le minerai de charge contenait 50 à 60 % de $SrSO_4$, 14 à 30 % de SiO_2, 10 à 20 % de $CaCO_3$, 1,5 à 2,0 % de $BaSO_4$, 0,5 à 5,0 % de Fe_2O_3, et 0,5 à 5,0 % de Al_2O_3 (3). En raison de la variabilité du minerai, de nombreux problèmes sont apparus au niveau du concentrateur; de ce fait, la consommation de réactifs a été élevée, et la teneur et la récupération des concentrés ont été faibles. La qualité des concentrés est fréquemment tombée au-dessous de la limite de 90 % de $SrSO_4$ spécifiée par l'usine de transformation de Point Edward. Ces problèmes, en même temps que le déclin général du marché du strontium, ont obligé finalement à fermer à la fois le concentrateur de Lake Enon et l'usine de transformation de Point Edward en 1976.

MacRae

Le gisement de célestine de MacRae, qui se situe à 2 km au nord-est du concentrateur de Lake Enon, a été découvert par la compagnie Kaiser Celestite Mining Limited en 1973. Une mine à ciel ouvert a été établie, et environ 85 000 t de minerai ont été extraites avant la fin de l'exploitation minière en 1975. La célestine de MacRae se présente selon quatre zones distinctes interstratifiées avec des sédiments composés de conglomérat, de calcaire et de gypse. Les deux zones centrales présentent un intérêt du point de vue de la qualité et de la granulométrie du minerai. Felderhof (4) estime que ces zones contiennent plus de 400 000 t de minerai titrant 54 % de $SrSO_4$. Cet auteur indique que des réserves supplémentaires pourraient exister en surface, et croit que les réserves souterraines sont importantes.

Fig. 1 – Principaux gisements de célestine au Canada

Ces dernières années, la Chromasco, division de la Timminco Limited, a étudié le gisement de MacRae, afin de reprendre l'exploitation minière et la concentration du minerai de célestine, et sa transformation en carbonate de strontium, dans l'île du Cap-Breton. La Chromasco exploite une usine métallurgique traitant des minerais non ferreux à Haley, près de Renfrew (Ontario), et produit du magnésium, du calcium et des métaux et alliages à base de strontium, de grande pureté. Cette compagnie est le seul producteur de strontium métallique en Amérique du Nord.

Autres

Excepté les gisements de Lake Enon et de MacRae, Felderhof (4) estime que plusieurs autres gisements de célestine situés dans la même région ont un potentiel élevé de mise en valeur, par exemple ceux des propriétés Amac, MacIntyre, Shaw et Monument. Il existe au Nouveau-Brunswick, à Upper Dorchester près de Moncton (5), un gisement de barytine et de célestine qui renferme des réserves d'un million de tonnes. Ce gisement est de caractère lité ou stratiforme, donc contient en toute probabilité des réserves significatives. D'autres gisements d'intérêt possible sont celui de Ronan situé dans la région de Port-au-Port dans l'ouest de Terre-Neuve (6), un gisement situé dans la région de West Bay, dans le comté de Richmond (île du Cap-Breton), et le gisement de fluorine/célestine de Birch Island dans le centre sud de la Colombie-Britannique (7). Ces venues sont indiquées sur la carte à la figure 1, et énumérées au tableau 1, en même temps que les autres gîtes possibles.

TECHNOLOGIE

La célestine, sulfate de strontium, est le principal minéral exploité de façon commerciale pour la fabrication de produits chimiques à base de strontium, tels que le carbonate, le nitrate et l'hydroxyde de strontium. Comme indiqué plus haut, le Canada a autrefois été un important fournisseur mondial de produits chimiques à base de strontium. Ces produits chimiques étaient fabriqués par la société Kaiser Celestite Products Limited à Point Edward dans l'île du Cap-Breton; celle-ci utilisait du concentré de célestine provenant des minerais de Lake Enon, et plus récemment, des minerais de MacRae.

Les minerais de Lake Enon et de MacRae étaient difficiles à traiter, en raison du caractère faillé et bréchiforme des zones minéralisées, et pour cette raison, le concentrateur recevait un produit de charge de faible teneur. Selon les rapports, le minerai titrait 50 à 60 % de $SrSO_4$, ce qui est faible comparativement aux ressources mondiales; par exemple, au Mexique et en Allemagne, le minerai titre généralement en moyenne plus de 85 % de $SrSO_4$.

Durant les années 1970, divers groupes ont effectué des recherches sur l'enrichissement du minerai de Lake Enon, en particulier la société Kaiser Celestite, CANMET, l'Université technique de Nouvelle-Écosse (Technical University of Nova Scotia), l'Institut de recherche industrielle de l'Atlantique, et d'autres organismes (8, 9, 10). Le procédé utilisé par la société Kaiser, qui est résumé dans le schéma de production de la figure 2, comprenait la sélection du minerai dans la carrière, puis le broyage, le criblage, le lavage et la flottation dans le concentrateur de Lake Enon. On obtenait ainsi un concentré titrant 88 à 92 % de $SrSO_4$, qui était livré à l'usine chimique de Point Edward.

Plus récemment, en 1986, la Chromasco a commencé des études sur l'enrichissement du minerai de MacRae; ces recherches ont largement été réalisées par la Lakefield Research, de Lakefield en Ontario. Les résultats sont résumés dans un rapport sur ces travaux (11), et dans le schéma de production donné à la figure 3. On a recommandé d'effectuer une étape initiale de lavage du minerai dans un trommel, pour libérer et éliminer la boue adhérant à ce minerai, puis de procéder au

Tableau 1 – Gisements et venues de célestine (2, 4, 6)

Province	Région	Emplacement	Remarques
Terre-Neuve	Péninsule de Port-au-Port	Anse Gillams	La célestine est enchevêtrée avec de la barytine, de la calcite et de l'aragonite, à l'intérieur d'une brèche calcaire. On a estimé les réserves à 18 000 tonnes, titrant 12,5 % de célestine/barytine, dans une proportion de 60/40.
		Ronan (Hooper's Brook)	Célestine/barytine interstratifiée avec un calcaire. Les réserves de célestine/barytine ont été estimées à 152 000 t; le pourcentage de barytine est plus élevé que dans le gisement de l'anse Gillams. Un certain degré de mise en valeur du gisement a eu lieu.
		Boswarlos	Petit gisement.
		Aguathuna	Petit gisement.
Nouvelle-Écosse	Loch Lomond, île du Cap-Breton	Lac Enon (Lake Enon)	Exploité par la société Kaiser Celestite Mining Limited de 1969 à 1976; 325 000 t de minerai ont été extraites et enrichies, et le concentré a été converti en carbonate de strontium dans l'usine de Point Edward. Le minerai apparaît dans cinq horizons distincts; il est interstratifié avec un calcaire, un shiste argileux, un grès fin et du gypse. Le minerai de charge contenait en moyenne 35 à 65 % de $SrSO_4$. Les réserves restantes ont été estimées à 400 000 t titrant de 50 à 55 % de $SrSO_4$.

Tableau 1 (suite)

Province	Région	Emplacement	Remarques
		Amac	Ce gisement a été exploré par la société Kaiser Celestite vers le milieu des années 1970. Les réserves, qui apparaissent selon cinq zones, ont été estimées à 95 000 t titrant 57 % de $SrSO_4$, 16 % de SiO_2, 15 % de $CaCO_3$ et moins de 1 % de $BaSO_4$. Le gisement est recouvert de 10 à 35 m de morts-terrains.
		MacRae	Ce gisement a été exploité pendant une courte période, en 1975-1976, par la société Kaiser Celestite. Le minerai se présente selon quatre zones distinctes interstratifiées avec un conglomérat, du calcaire et du gypse. Les deux zones centrales qui se prêtent à l'exploitation minière contiennent selon les estimations 400 000 t de minerai titrant 54 % de $SrSO_4$. Ce gisement est actuellement étudié par la Chromasco, qui se propose de le mettre en valeur.
		Blaze Trail (MacIntyre)	Du minerai de célestine de haute teneur a été trouvé dans les morts-terrains. Dans un trou de sondage foré par la compagnie Kaiser Celestite, a été trouvé du minerai contenant 35 % de $SrSO_4$ et 1,5 % de $BaSO_4$.
		Shaw	Un échantillon de flottant de teneur élevée contenait 82 % de $SrSO_4$ et 3,9 % de $BaSO_4$.
		Monument	Un échantillon de flottant de teneur élevée contenait 95 % de $SrSO_4$ et 1,7 % de $BaSO_4$.

Tableau 1 (suite)

Province	Région	Emplacement	Remarques
	West Bay	Région de West Bay, comté de Richmond	Cette région est géologiquement semblable à la région de Loch Lomond, et abrite plusieurs venues de célestine, dont un grand nombre ont été découvertes par les sociétés Kaiser Celestite et Imperial Oil Limited en 1970–1971. Les morts–terrains ont une épaisseur pouvant atteindre 35 m. Les réserves de minerai de célestine de haute teneur rencontrées en profondeur (± 270 m) pourraient se rapprocher de 10 millions de tonnes.
	Rivière Rear Black		Dans un affleurement, le long du cours d'eau, la roche contenait 85 à 90 % de $SrSO_4$ et 3 % de $BaSO_4$; cependant, un trou de sondage foré à proximité ne contenait que du minerai de basse teneur, titrant 20 à 25 % de $SrSO_4$.
	Frenchvale, rivière Sydney	Cap–Breton Nord, comté du Cap–Breton	Des travaux réalisés par la société Kaiser Celestite en 1974 ont montré que la venue de Frenchvale se composait de minerai de faible teneur, soit 65 % de $SrSO_4$ et au moins 10 % de $BaSO_4$. Les échantillons provenant d'une venue bordant la rivière Sydney contenaient 80 à 95 % de $SrSO_4$, et 3 à 6 % de $BaSO_4$; cependant, les couches étaient étroites et d'extension latérale limitée.
	Ruisseau Byer's (gîte possible de Grant)	Comté de Guysborough	Les gisements de célestine affleurent sur les rives d'un petit ruisseau. Deux échantillons titraient 59 % de $SrSO_4$ et 1,9 % de $BaSO_4$; 93 % de $SrSO_4$ et 1,3 % de $BaSO_4$.

Tableau 1 (suite)

Province	Région	Emplacement	Remarques
	Beckwith	Comté de Cumberland	Le gisement se compose de minces filons de célestine enchevêtrés avec un grès brun et une argile bleue. Les échantillons macroscopiques de flottant titraient 86 à 89 % de $SrSO_4$, et jusqu'à 3 % de $BaSO_4$. Environ 500 t ont été extraites en 1987 par la Chromasco, qui a effectué des études d'enrichissement et de transformation du minerai. Bien qu'il reste encore du minerai, le rapport élevé argile/célestine, les épais morts-terrains et l'état détrempé du sol, empêchent tout autre travail de mise en valeur.
Nouveau-Brunswick	Est du N.-B. près de Moncton	Upper Dorchester	Des sondages ont été effectués dans cette propriété, pour y rechercher à la fois de la célestine et de la barytine. Les affleurements de minerai de strontium se caractérisent par une teneur élevée. Toutefois, en profondeur, la teneur est plus basse, et le minerai ne contenait que 34 % de $SrSO_4$ dans un sondage. Le calcaire est la principale impureté, et la barytine lui est associée. La propriété a été explorée en 1971 par la Dorbeck Syndicate et la Canadian Merril Limited, qui ont effectué des levés géochimiques et géophysiques, et procédé à des forages au diamant.
Québec	Sud du Québec, à l'ouest de Montréal	Oka	Des filons de strontianite ($CrCO_3$) ont été signalés dans le complexe à carbonatite d'Oka; cependant, cette venue ne présente qu'un faible intérêt commercial.

Tableau 1 (suite)

Province	Région	Emplacement	Remarques
Ontario	Comté de Renfrew, canton de Bagot	9 km au sud-est de Calabogie	Environ 200 t de minerai de célestine ont été extraites sur cette propriété en 1918-1920. Des tonnages mineurs de ce produit ont été vendus, pour être utilisés dans la fabrication de peintures et de caoutchouc. La célestine apparaît mélangée au marbre à faible profondeur. Un échantillon provenant des réserves accumulées de minerai titrait 78,5 % de $SrSO_4$, 18,6 % de $BaSO_4$ et 0,7 % de $CaSO_4$.
	Comté de Leeds, canton de Lansdowne	20 km au nord de Gananoque, près de Lyndhurst	La venue, qui se présente sous forme d'un filon vertical de 25 à 50 cm dans le marbre, aurait une teneur moyenne en $SrSO_4$ de 98 %.
	Comté de Carleton, canton de Fitzroy	Galetta, 60 km à l'ouest d'Ottawa	Semblable à la venue de Lyndhurst. Un échantillon provenant des terrils titrait 93 % de $SrSO_4$.
	Comté de Frontenac, canton de Loughborough	Verona, 40 km au nord de Kingston	Le gisement se compose de cristaux de barytocélestine, plus ou moins enchevêtrés, dans un calcaire bréchiforme. L'échantillon titrait 76 % de $SrSO_4$, 15 % de $BaSO_4$ et 7 % de $CaCO_3$.
Colombie-Britannique	Centre sud de la province	île Birch, (Birch Island) 130 km au nord de Kamloops	Cette propriété est intéressante, surtout parce qu'elle contient un gisement d'uranium; toutefois, elle contient aussi des quantités significatives de fluorine et de célestine associées. Les réserves ont été estimées à 1,8 million de t de fluorine titrant 29 % de CaF_2, et à 230 000 t de célestine titrant 15 % de $SrSO_4$.

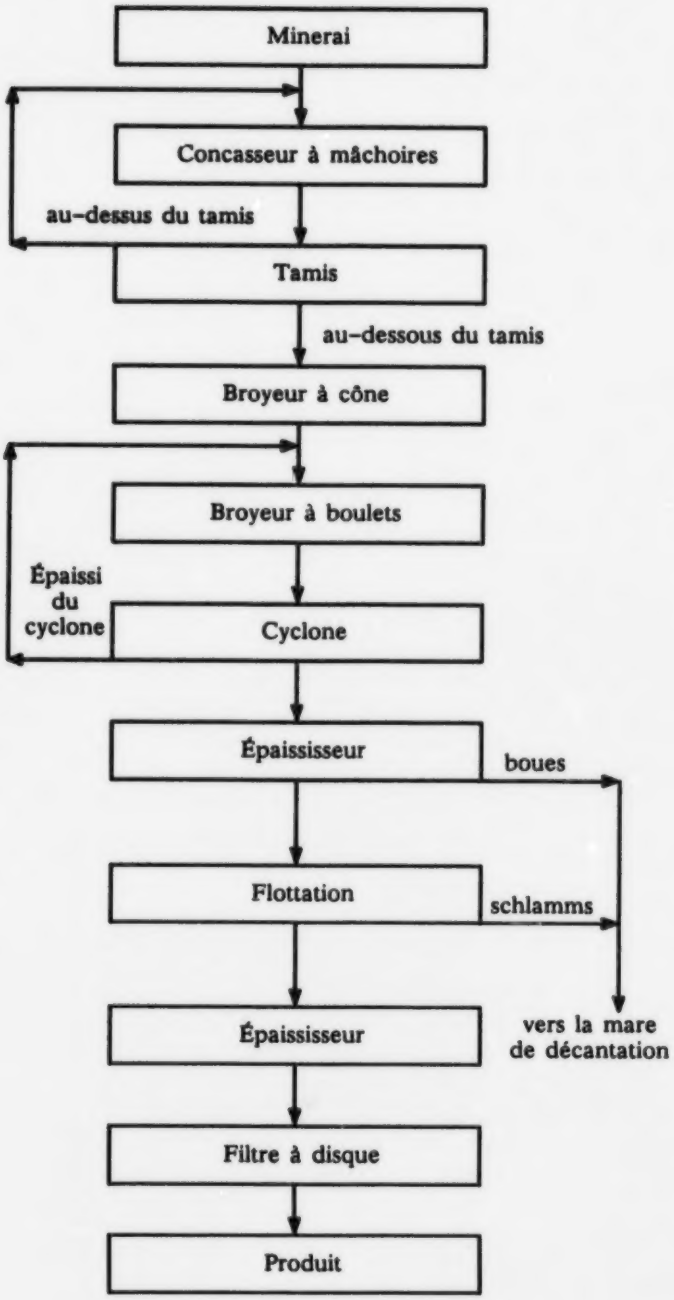


Figure 2 – Schéma de production, Kaiser Celestite Mining Limited, minerai de Lake Enon

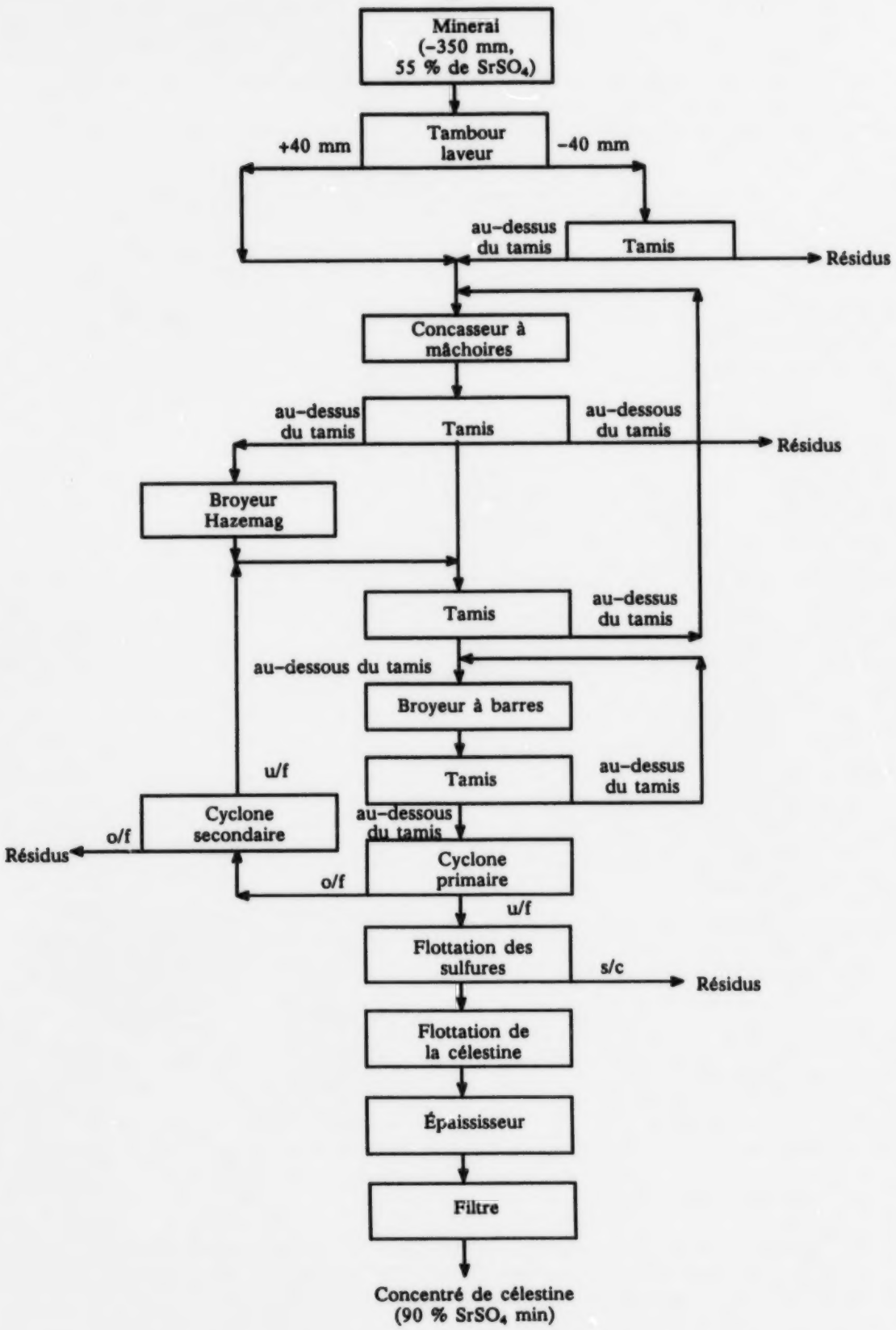


Figure 3 – Schéma de production proposé, Chromasco, minerai de McRae

concassage étagé, au tamisage, au broyage et à la flottation; pour éliminer les sulfures métalliques, on obtient d'abord un flottant sulfuré, puis un flottant de célestine. Le concentré final obtenu lors des essais en usine pilote, réalisés par la Lakefield Research, titrait en moyenne 90 % de $SrSO_4$.

Le concentré de célestine provenant de Lake Enon a été converti en carbonate de strontium dans l'usine de Point Edward, qui appartient à la Kaiser Strontium Products, par le procédé de la "cendre noire". Dans ce procédé, on a lessivé avec de l'acide chlorhydrique un concentré de célestine titrant 90 % de $SrSO_4$, pour éliminer les carbonates de calcium et de magnésium, puis on l'a lavé pour éliminer l'acide, on l'a mélangé avec du coke de pétrole, et enfin calciné dans un four rotatif pour obtenir un produit de calcination à base de sulfure de strontium. Le minerai calciné a été brusquement refroidi, puis lixivié avec de l'eau, de façon à ce que les sulfures soient dissous, et filtré; le filtrat, ensuite traité avec du gaz carbonique, a donné du carbonate de strontium. Ces réactions sont résumées par les deux équations suivantes :

$$SrSO_4 + 2C \rightarrow SrS + 2CO_2 \qquad \text{Eq 1}$$

$$SrS + CO_2 + H_2O \rightarrow SrCO_3 + H_2S \qquad \text{Eq 2}$$

Dans les récentes études notées, réalisées par la Chromasco, ont été examinées deux voies principales de fabrication des produits chimiques à base de strontium, en particulier les procédés de la "cendre noire" et de la "cendre blanche". Le procédé de la "cendre noire" semble être le plus rentable, et serait probablement choisi par la Chromasco, si l'on cherchait à reprendre la production de produits chimiques à base de strontium, en employant des concentrés de célestine provenant du gisement de MacRae. Il serait possible de récupérer l'hydrogène sulfuré obtenu lors du procédé de transformation appelé procédé de la "cendre noire", pour obtenir en même temps du soufre élémentaire par le procédé Claus.

EMPLOI ET SPÉCIFICATIONS

La célestine sert à produire divers produits chimiques à base de strontium, en particulier des carbonates, des nitrates, des oxydes et des sulfures de strontium. À leur tour, ces produits servent à fabriquer du verre et des céramiques, et des appareils pyrotechniques, et sont utilisés dans diverses applications métallurgiques.

Le carbonate de strontium est un important additif employé dans la production de fonds d'appareils de télévision en couleur, verre qui absorbe les émissions potentiellement dangereuses de rayons X. Le carbonate sert aussi à la production de ferrites céramiques, permettant de fabriquer de petits aimants permanents pour moteurs électriques et circuits électriques et électroniques, à la fabrication de verres iridescents et de verres spéciaux, et à la production du strontium métallique. Le carbonate de strontium trouve un usage limité, mais spécialisé, comme matière de charge dans les caoutchoucs, les plastiques et les peintures.

Le nitrate de strontium est un produit chimique qui joue un rôle important dans la fabrication de fusées éclairantes et de feux d'artifice, puisqu'il produit une couleur rouge vif. On emploie l'oxyde de strontium dans la fabrication d'enduits et glaçures céramiques, et les sulfures et le chromate de strontium dans la fabrication de peintures.

Le strontium métallique sert à fabriquer des alliages de strontium, lesquels permettent d'éliminer les gaz des tubes thermoioniques, à absorber des métaux lors des procédés de purification des métaux, et, sous forme d'additifs en concentrations infimes, à accroître la dureté du plomb et du cuivre.

Le tableau 2 indique les spécifications typiques, à l'intention des consommateurs, concernant le concentré de célestine employé dans la fabrication de carbonate et de nitrate de strontium. Dans le tableau 3, sont précisées les spécifications relatives au carbonate de strontium employé dans la fabrication des métaux, du verre et du matériel électronique.

INTÉRÊT ACTUEL POUR CE MINÉRAL

Il n'existe plus de production canadienne de concentrés de célestine et de produits chimiques à base de célestine, depuis que la compagnie Kaiser Celestite a fermé, en 1976, son exploitation minière et son concentrateur situés près de Lake Enon, et son usine de produits à base de strontium située à Point Edward.

Actuellement, les besoins du Canada en carbonate de strontium sont principalement couverts par les États-Unis et l'Europe, et le principal consommateur est la Chromasco, seul producteur de strontium métallique en Amérique du Nord. À leur tour, les États-Unis doivent importer de la célestine et d'autres minéraux à base de strontium du Mexique et de l'Allemagne. Par exemple, en 1986, les États-Unis ont importé une quantité estimée à 16 500 t de minéraux à base de strontium et 3 000 t de composés du strontium. Aux États-Unis, plusieurs compagnies produisent du carbonate de strontium et autres composés du strontium, mais la principale est la compagnie Chemical Products Corporation de Cartersville en Georgie.

Actuellement, il paraît très intéressant de reprendre la production canadienne de carbonate et de sulfate de strontium, pour alimenter les marchés intérieurs et les marchés des États-Unis. Cet intérêt, principalement manifesté par la Chromasco, porte principalement sur le gisement de célestine de MacRae. Un gisement plus petit et plus riche, situé près de Pugwash (Beckwith), en Nouvelle-Écosse, semble aussi présenter un intérêt, puisqu'il pourrait alimenter la Chromasco en minerai pour la fabrication de strontium métallique.

En 1986, dans le cadre de l'Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur l'exploitation minérale, la Chromasco a été chargée, aux termes d'un contrat, d'étudier l'enrichissement du minerai de célestine de MacRae, et sa transformation en carbonate de strontium. Après l'examen des résultats, la Chromasco décidera s'il faut procéder ou non à la mise en valeur du gisement de MacRae, à la remise à neuf du concentrateur de Lake Enon, et à la construction de nouvelles installations de transformation du minerai à Sydney.

ÉTUDES SUR L'ENRICHISSEMENT DU MINERAI

Sept études ont été réalisées sur les minerais de célestine, au Laboratoire des minéraux industriels de CANMET, et dans d'autres laboratoires, entre 1945 et 1987. Les provinces représentées étaient la Nouvelle-Écosse et la Colombie-Britannique, et les principaux gisements étudiés étaient ceux de Lake Enon, de MacRae et de Birch Island. Toutes les études précisées dans l'annexe se rapportent aux gisements de Lake Enon et de MacRae, puisqu'ils sont les seuls considérés comme des gisements de minerais primaires de célestine; les quatre autres études réalisées à CANMET traitaient de la concentration secondaire de la célestine effectuée après la concentration primaire de la fluorine. Dans ce contexte, des résumés détaillés de ces dernières études sont publiés dans le *Rapport sommaire n° 3 : Fluorine* (12).

Étant donné que les études indiquées sur la célestine traitaient principalement de la flottation, un résumé des principaux paramètres est donné au tableau 4, et les données sur la concentration des réactifs sont présentées dans le tableau 5. L'information relative à la recherche sur les minerais de Lake Enon et de MacRae, réalisée dans d'autres laboratoires, est aussi incluse.

Tableau 2 – Spécifications relatives au concentré de célestine, en vue de la fabrication de carbone de strontium et de nitrate de strontium

	Carbonate de strontium poids en pourcentage	Nitrate de strontium poids en pourcentage
$SrSO_4$	90 à 95	95 min
$BaSO_4$	1 à 2	2 max
SiO_2	1 à 2	n.d.
Fe_2O_3	0,4 à 0,5	n.d.
PbO	faible	n.d.
F	0,1 max	n.d.
$CaSO_4$	2,0 max	1,5 max
$CaCO_3$	0,5 max	1,5 max
Humidité libre	2,0 max	1,5 max
Granulométrie	–4,8 mm + 840 µm	

Réf : "Strontium", Industrial Minerals and Rocks, 5e édition, volume 2, 1983.

n.d. – non disponible

Tableau 3 – Spécifications relatives au carbonate de strontium, en vue de la fabrication de strontium métallique, de verre et de matériel électronique

	Métal poids en pourcentage	Verre poids en pourcentage	Matériel électronique poids en pourcentage
$SrSO_4$	99,0 min	96,0 min	96,0 min
$BaCO_3$	1,0 max	3,0 max	1,5 max
$CaCO_3$	0,2 max	0,5 max	n.d.
$MgCO_3$	0,2 max	n.d.	n.d.
Na_2CO_3	0,15 max	1,0 max	n.d.
SO_2	0,08 max	0,4 max	0,4 max
Fe_2O_3	0,01 max	0,01 max	n.d.

Ref : "Strontium", Industrial Minerals and Rocks, 5e édition, volume 2, 1983.

n.d. – non disponible

Envergure des recherches

CANMET et la compagnie Lakefield Research ont réalisé des études en laboratoire du minerai de célestine provenant du Cap-Breton. Des études en usine pilote ont été réalisées à l'Université technique de la Nouvelle-Écosse et par la Lakefield Research. CANMET a effectué à la fois en laboratoire et en usine pilote des études sur le minerai de Birch Island.

Analyses d'échantillons de minerai

Le minerai de célestine provenant de la région de MacRae titrait 72,4 % de $SrSO_4$, et le minerai de la région de Lake Enon, 55 % de $SrSO_4$ (8); le minerai de célestine provenant de Birch Island était de plus faible teneur, et titrait entre 9 et 22,2 % de $SrSO_4$ (13, 14).

Minéralogie

Les minéraux identifiés dans les minerais du Cap-Breton se composaient principalement de célestine, accompagnée de quartz et de calcite. Les minéraux accessoires comprenaient le mica, la chlorite, la dolomite, la barytine et les oxydes de fer. La barytine et la célestine forment sans doute une solution solide dans le réseau crystalin.

Le minerai de Birch Island est essentiellement un mélange de fluorine et de célestine, accompagné d'un ensemble complexe de minéraux accessoires, en particulier le quartz, le feldspath, la barytine, l'apatite, la bastnaésite (carbonate de lanthanum), le mica et des sulfures de métaux communs. Il existe aussi des minéraux radioactifs. La célestine et la fluorine se présentent sous forme d'enchevêtrements très fins, contenant des inclusions de bastnaésite de 5 mμ.

Birch Island, C.-B.

Avant 1959, deux études du minerai de Birch Island ont été réalisées. Elles portaient sur la séparation de la célestine et de la fluorine. Dans une étude infructueuse entreprise en 1948, on cherchait à effectuer la séparation de la célestine et de la fluorine par la méthode de séparation magnétique et la méthode de séparation en milieu dense de plusieurs fractions granulométriques, allant de 210 à 44 μm (15). Dans une étude antérieure (figure 14), on a obtenu un succès partiel, en concentrant la célestine au moyen du tablage des résidus provenant du dégrossissage du minerai de fluorine en usine pilote, minerai qui contenait de la célestine. On a obtenu un concentré titrant 90,6 % de $SrSO_4$, mais un taux de récupération de seulement 12 %. Wyman (13), utilisant un flottant sulfuré en vrac, a été le premier à essayer la flottation différentielle; ce flottant sulfuré était suivi d'un flottant de célestine, et celui-ci d'un flottant de fluorine. Un concentré de célestine titrant 81,1 % de $SrSO_4$ a été obtenu. Une étude ultérieure de flottation (7) a permis d'obtenir un concentré de célestine titrant 84,5 % de $SrSO_4$, et un taux de récupération de 78 %.

La flottation de la célestine a été réussie, avec l'emploi de Nyton et d'Igepon T33 comme collecteur du flottant de célestine. On a employé du silicate de sodium comme dispersant des boues et déprimant du quartz, et l'acide citrique comme déprimant de la fluorine. Généralement, il a fallu procéder à un broyage de 100 %, allant de -75 à -44 μm, pour réussir la libération, et procéder à un lavage multi-étages pour obtenir des concentrés très enrichis. On ne dispose pas d'information sur le pH ou sur la densité de la pulpe; dans l'une des études (7), le temps de dégrossissage a été très court, soit 2 minutes.

Tableau 4 – Résumé des principaux paramètres de flottation de la célestine, provenant des minerais du Cap-Breton et de Birch Island

Emplacement	Analyse du minerai, (%)				Dimension de broyage µm	Dégrossissage min	Densité de la pulpe (%) de solides	pH	Nbre d'étages de la cellule relaveuse	Concentrés		N° de réf.
	$SrSO_4$	SiO_2	$CaCO_3$	Fe_2O_3						Teneur (%) de $SrSO_4$	Distribution (%)	
MacRae, N.-É.	72,4	3,8	13,4	0,63	100 %, -75	n.d.	33	7,0	4	94,4	79,0	11
MacRae, N.-É.	71,2	4,5	13,5	0,50	100 %, -150	n.d.	33	7,0	3	92,0	83,8	11
Lake Enon, N.-É.	55,0	22,5	15,0	n.d.	n.d.	20	n.d.	n.d.	n.d.	92,0	95,0	8
Lake Enon, N.-É.	57,2	24,5	12,5	3,65	3,65	n.d.	20	6,0	4*	97,5	67,5	9
Lake Enon, N.-É.	41,6	11,4	40,4	1,80	1,80	n.d.	38	9,2	n.d.	88,6	70,5	16
Birch Island, C.-B.	n.d.	–	–	–	–	2	n.d.	n.d.	3	84,5	78,0	7
Birch Island, C.-B.	9,0	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	2	81,1	n.d.	13
Birch Island, C.-B.	14,5	–	–	–	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	17

*Concentré de dégrossissage, rebroyé à 97 % jusqu'à -44 µm
n.d. = non disponible

Tableau 5 – Résumé des données sur la concentration des réactifs employés dans la flottation de la célestine, dans le cas des minerais du Cap-Breton et de Birch Island

		Collecteurs					Modificateurs, déprimants				
	Échelle de l'étude	Igepon g/t	Nyton g/t	T33/acide oléique (3/1) g/t	A845*/ Mazout (2/1) g/t	SAM** g/t	Na_2CO_3 g/t	Na_2SiO_3 g/t	Acide citrique g/t	Acide oxalique g/t	N° réf.
Dégrossissage											
MacRae, N.-É.	laboratoire	–	–	–	–	300	–	1 200	–	600	11
MacRae, N.-É.	usine pilote	–	–	–	–	310	–	600	–	400	11
Lake Enon, N.-É.	laboratoire	–	–	1 500	–	–	–	–	–	–	8
Lake Enon, N.-É.	laboratoire	1 300	–	–	–	–	–	–	–	–	9
Lake Enon, N.-É.	n.d.	–	–	–	1 200	–	1 000	3 500	–	–	16
Birch Island, C.-B.	n.d.	1 000	–	–	–	–	–	125	125	–	7
Birch Island, C.-B.	n.d.	–	125	–	–	–	–	250	250	–	13
Birch Island, C.-B.	n.d.	–	375	–	–	–	–	125	125	–	17
Flotation de relavage											
MacRae, N.-É.	laboratoire	–	–	–	–	100	–	975	–	490	11
MacRae, N.-É.	usine pilote	–	–	–	–	100	–	600	–	300	11
Lake Enon, N.-É.	laboratoire	600	–	–	–	–	–	–	–	–	9
Lake Enon, N.-É.	n.d.	–	–	–	250	–	–	1 250	–	–	16

*Aerofloat 845 – hydrocarbure-sulfonate anionique
**SAM – alkyl – sulfosuccinamide de sodium
n.d. – non disponible

Lake Enon, N.-É.

On a réalisé avec succès une étude de flottation en laboratoire, sur des échantillons de minerai provenant du gisement de Lake Enon. Un concentré de célestine titrant 97,5 % de $SrSO_4$ a été obtenu, avec un taux de récupération de 67,5 % (9). Le minerai de Lake Enon présente l'avantage de ne pas contenir de fluorine, ce qui permet d'effectuer la flottation de la célestine avec une aisance relative, et, en même temps, de déprimer le quartz et la calcite. On a rencontré des difficultés d'un autre ordre, causées par le collecteur Igepon T33, lorsque l'on a appliqué les résultats obtenus en laboratoire au traitement en usine pilote et, plus tard, au traitement en usine de grandeur réelle. L'oléoyl-taurate de sodium (Igepon T33) a joué un rôle sélectif, lors des travaux de recherche effectués en laboratoire sur la célestine, mais l'on a observé la formation excessive de mousse lors des essais en usine (10). En employant de l'acide oléique et de l'alcool isopropylique comme modificateurs, on a réduit la formation excessive de mousse et, en même temps, réduit la sélectivité. Finalement, on a substitué à l'Igepon T33 l'Aerofloat 845, collecteur composé d'hydrocarbure-sulfonate, qui est aussi sélectif que l'Igepon T33, mais produit moins de mousse.

MacRae, N.-É.

Les études de flottation en laboratoire, réalisées dans le cadre de l'Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur l'exploitation minérale (11), et portant sur le minerai de MacRae (70 % de $SrSO_4$, plus 18 % de carbonates, de quartz accessoire, de galène et de barytine), ont montré qu'il était possible de suffisamment enrichir ce minerai pour obtenir un produit pouvant être transformé conforme aux spécifications. Un essai en usine pilote, basé sur des études faites en laboratoire, a permis de produire un concentré titrant 90 % de $SrSO_4$, avec des carbonates (3,5 %) et de la barytine (1,3 %) comme impuretés principales. Le taux de récupération était de 80 à 85 %.

Les essais de conversion en laboratoire ont montré la possibilité de transformer ce produit en carbonate de strontium de qualité assez élevée (99,0 % de $SrCO_3$), pour convenir à la fabrication du verre. On a évalué plusieurs procédés de transformation, en particulier le procédé de la cendre noire et le procédé de la cendre blanche, pour déterminer le mode de conversion le plus rentable.

L'annexe figurant à la fin de ce rapport contient des informations supplémentaires sur les études réalisées par CANMET et d'autres laboratoires.

CONCLUSIONS

Dans l'optique de sa commercialisation sur les marchés mondiaux, on résume ici la possibilité de mettre en valeur la célestine du Cap-Breton. Cet article est essentiellement une version abrégée du résumé administratif d'une étude faite en 1985 (18) sur les possibilités de commercialisation des minéraux à base de strontium, étude entreprise dans le cadre de l'Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur l'exploitation minérale.

Actuellement, 13 pays produisent des minerais de célestine contenant plus de 85 % de $SrSO_4$, et la production du monde occidental est presque entièrement fournie par quatre petites compagnies indépendantes situées au Mexique, en Espagne, en Turquie et en Angleterre. Actuellement, ni le Canada ni les États-Unis ne produisent de tels minerais. Le marché mondial de la célestine est actuellement de 110 000 t. Apparemment, la fabrication des composés du strontium, principal usage final de la célestine, montre une croissance positive, et la plupart des producteurs de strontium semblent atteindre leur pleine capacité, ou s'en rapprocher.

Ces dernières années, les États-Unis et le Japon ont consommé respectivement 45 % et 30 % des composés du strontium, et l'Europe environ 20 %. Le marché canadien est petit; les États-Unis, pour leur part, souffrent d'une pénurie de composés du strontium et s'inquiètent de leur approvisionnement futur en célestine, qui est presque entièrement importée du Mexique. Le principal consommateur de célestine aux États-Unis, la Chemical Products Corporation et ses clients, telles que les compagnies RCA et Corning Glass, ont tous manifesté de l'intérêt pour la mise en valeur de nouvelles sources de ce produit. Une source canadienne, comme les gisements de Lake Enon et de MacRae, paraît particulièrement intéressante, compte tenu de la stabilité du Canada, ainsi que de sa proximité des États-Unis et de son étroite association avec ce pays. Comme une grande partie de la célestine importée pour être traitée dans les autres pays industriels provient de régions moins développées, l'existence d'une autre source d'approvisionnement, comme le Canada, présente aussi un intérêt politique pour l'Europe et le Japon.

La compétitivité des gisements de célestine de Lake Enon et de MacRae vient largement de leur emplacement dans une zone de relative stabilité politique et financière, à proximité des marchés des Étas-Unis. Par ailleurs, un noyau expérimenté de main-d'oeuvre qualifiée existe dans l'île du Cap-Breton. Par contre, l'exploitation de ces gisements entraîne des coûts de production élevés, comparativement au Tiers monde, en raison de la faible teneur du minerai, de la complexité de l'exploitation minière, et des coûts élevés de la main-d'oeuvre. La rentabilité de la production de célestine serait particulièrement influencée par les coûts du transport.

Dans l'Île du Cap-Breton, la production de composés du strontium serait moins influencée par les coûts de la main-d'oeuvre et du transport, mais serait réduite par la dure concurrence que livreraient à la fois les producteurs établis et les nouveaux producteurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs remerciements à plusieurs compagnies et personnes du secteur privé, ainsi qu'aux spécialistes des minéraux industriels, employés par les gouvernements provinciaux et fédéral, de leur avoir fourni les données et l'information de base sur la célestine. Il n'aurait pas été possible de publier ce rapport sans leur aide et sans l'intérêt qu'ils ont manifesté.

BIBLIOGRAPHIE

1. Collings, R.K. et Andrews, P.R.A. "Industrial minerals: problem areas and opportunities"; *Rapport CANMET* 83-5E; CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1983.

2. Dawson, K.R. "Geology of barium, strontium and fluorine deposits in Canada"; *Econ Geol Rep* 34; Commission géologique du Canada; 1985.

3. Fleming, R.F.S. (ed) "U.K. celestite operations to close"; *Ind Miner* 83:29; août 1974.

4. Felderhof, G.W. "Report on celestite deposits of Canada"; Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur l'exploitation minérale; ministère des Approvisionnements et Services, dossier no 6-9031; novembre 1986.

5. Fleming, R.F.S. (ed) "Dorbeck follows up with second celestite find"; *Ind Miner* 45:32, juin 1971.

6. Johnson, H. "The strontium deposits of the Port-au-Port peninsula in contributions to the economic geology of western Newfoundland"; *Bull* 27; Commission géologique du Canada; 1954.

7. Wyman, R.A. "Digest of information on Rexspar fluorite, Birch Island, British Columbia"; *Min Proc Inf Rep* 70-23; CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1970.

8. (N.-É.-1) Sinclair, F.A. "The effect of primary slime on the flotation of Lake Enon celestite"; Tech Univ of Nova Scotia; avril 1974.

9. (N.-É.-2) Hartman, F.H. et Wyman, R.A. "Beneficiation of Lake Enon celestite, Cape Breton, Nova Scotia"; *Rapport de div.* 71-20(RI); CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1971.

10. (N.-É.-3) Grice, M.A.K. "Loch Lomond mill start-up: progress and evaluation reports"; Tech Univ of Nova Scotia; septembre 1971.

11. (N.-É.-4) Williamson, R.G. "A study of the MacRae celestite deposit, Cape Breton, Nova Scotia": Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur l'exploitation minérale; ministère des Approvisionnements et Services, dossier No. 6-9031; 1987.

12. Collings, R.K. et Andrews, P.R.A. "Summary report No. 3: fluorite in Canada"; Rapport CANMET (en préparation); CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1988.

13. Wyman, R.A. "Concentration of fluorspar from Birch Island, British Columbia"; *Rapport de div.* 59-13 (RI); CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1959.

---

*Identification de CANMET, avec un numéro de référence entre parenthèses.

14. Beer, H.L. "Concentration of a fluorite ore from Birch Island, British Columbia"; *Ore Dress Invest Rep* 4501; CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1945.

15. Beer, H.L. "Differential separatory procedures on a fluorite–celestite ore from Birch Island, British Columbia"; *Ore Dress Invest Rep* 2437; CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1948.

16. (N.–É.–5) Hartjens, H. "Microscopic and flotation evaluation of high calcitic celestite from the MacRae deposit, Cape Breton, Nova Scotia"; 1974.

17. Hartman F.H. et Wyman R.A. "Concentration of Birch Island, B.C. fluorspar to metallurgical grade"; *Rapport de div.* 63–33 (RI); CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1963.

18. "Current market economics of the strontium minerals"; Dossier public – Rapport No. 648; Entente Canada–Nouvelle–Écosse sur l'exploitation minérale; 1985.

ANNEXE

ÉTUDES SUR L'ENRICHISSEMENT DU MINERAI PROVENANT DES GISEMENTS DE CÉLESTINE AU CANADA

Identification	:	N.-É. (n° de réf. : 8)*
Rapport – Titre	:	EFFET DES BOUES PRIMAIRES SUR LA FLOTTATION DE LA CÉLESTINE DE LAKE ENON
– Auteur	:	F.A. Sinclair
– N° et date	:	Thèse de B.Sc. Université technique de Nouvelle-Écosse (Technical University of Nova Scotia), 1974.
Description de l'échantillon	:	30 kilos, 55 % de $SrSO_4$, 22,5 % de SiO_2,, 15 % de $CaCO_3$.
Minéralogie	:	Non disponible.
Enrichissement	:	Flottation avec et sans boues (produit de -5 µm), pour vérifier si les boues argileuses réduisent l'efficacité de la flottation.
Résultats	:	La présence de grandes quantités de boue argileuse ne réduit pas l'efficacité du collecteur composé de taurate de sodium.
Remarques	:	Les recherches expérimentales initiales, effectuées en usine pilote à l'Université technique de Nouvelle-Écosse (Technical University of Nova Scotia), ont indiqué que l'on pouvait obtenir un produit titrant 92 % de $SrSO_4$, et un taux de récupération de 95 %. Le rendement réel du circuit de flottation de l'usine n'a pu atteindre les teneurs et taux de récupération projetés. Ce rendement relativement médiocre a été attribué à des facteurs de mise à l'échelle et à la production excessive de mousse par le collecteur composé de taurate de sodium. Plusieurs modificateurs ont été employés pour réduire la production de mousse, en particulier l'acide oléique, l'alcool isopropylique et l'actinol.

*Identification de CANMET, avec un numéro de référence entre parenthèses.

Identification	:	N.-É.-2 (n° de réf. : 9)
Rapport - Titre	:	ENRICHISSEMENT DE LA CÉLESTINE DU GISEMENT DE LAKE ENON, CAP-BRETON, NOUVELLE-ÉCOSSE
- Auteurs	:	F.H. Hartman et R.A. Wyman
- N° et date	:	Rapport 71-20 de la division (RI), CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1971
Description de l'échantillon	:	23 kg de célestine; 57,20 % de $SrSO_4$, 24,50 % de SiO_2,, 12,50 % de $CaCO_3$, 3,65 % de Fe_2O_3.
Minéralogie	:	Principalement de la célestine accompagnée de quartz et de calcite, d'un peu de mica et de chlorite, et de traces de dolomie et d'oxydes de fer.
Enrichissement	:	Broyage fin en deux étapes : broyage primaire à 74 % jusqu'à -44 µm, avec broyage secondaire des concentrés de dégrossissage à 96,5 % jusqu'à -44 µm. Séparation magnétique pour éliminer les produits magnétiques.
Résultats	:	Concentré titrant 97,5 % de $SrSO_4$, 0,31 % de SiO_2, 0,19 % de Fe_2O_3, 4,16 % de $CaCO_3$ avec un taux de récupération de 67,5 %.

Identification	:	N.-É.-3 (n° de réf. : 10)
Rapport - Titre	:	DÉMARRAGE DE L'USINE DE TRAITEMENT DE LOCH LOMOND : RAPPORT SUR L'AVANCEMENT DES TRAVAUX ET RAPPORT D'ÉVALUATION DE CES TRAVAUX
- Auteur	:	M.A.K. Grice
- N° et date	:	Université technique de Nouvelle-Écosse (Technical University of Nova Scotia), 1971
Description de l'échantillon	:	Minerai d'alimentation de l'usine (poids et teneur du produit non précisés).
Minéralogie	:	Non précisée.
Enrichissement	:	Flottation de la célestine de Lake Enon, avec évaluation des variables suivantes : 1. diversité des types de minerais, eau et réactifs, 2. influence de la vitesse de la turbine et de la température, 3. évaluation en usine pilote du produit Aerofloat 845 comme substitut de l'Igepon T33, 4. effet de l'acide oléique comme modificateur de la mousse, lorsqu'il est ajouté à l'Igepon T33.
Résultats	:	Aucune différence significative n'a été notée entre les types de minerai ou du point de vue de l'eau ou des réactifs dans l'usine et dans l'usine pilote. La vitesse de la turbine a profondément influencé la vitesse de flottation de la célestine, de sorte qu'un accroissement de la vitesse de cette turbine a augmenté la vitesse de flottation. Un accroissement de la température a augmenté la vitesse de flottation, mais dans une mesure moindre. L'Aerofloat 845 a donné les mêmes résultats que l'Igepon T33, et l'acide oléique employé comme modificateur de la mousse a réduit la sélectivité de la flottation.
Remarques	:	D'un point de vue métallurgique, le principal problème qui s'est posé dans l'usine a été l'inefficacité des dégrossisseuses. On a amélioré leur rendement dans une certaine mesure, en réduisant la densité de solides dans la pulpe de 40 % à 20 %. En diminuant la densité de la pulpe, et en conservant la même vitesse d'alimentation, on a pu réduire le temps de rétention. Avec une densité qui correspond à 20 % de solides, le temps de rétention, qui était de 18,8 minutes, a été considéré comme étant trop court. Idéalement, on aurait dû concevoir l'usine en fonction de la surface des cellules de flottation, et non du temps de rétention.

Identification:	:	N.-É.-4 (n° de réf. : 11)
Rapport - Titre	:	ÉTUDE DU GISEMENT DE CÉLESTINE DE MACRAE, CAP-BRETON, NOUVELLE-ÉCOSSE
- Auteur	:	R.G. Williamson, Lakefield Research, Lakefield
- N° et date	:	Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur l'exploitation minérale MAS n° 6-9031, 1987
Description de l'échantillon	:	70 t de minerai de -7 mm; 72,4 % de $SrSO_4$, 3,84 % de SiO_2, 13,4 % de $CaCO_3$, 0,63 % de Fe_2O_3.
Minéralogie	:	Un examen minéralogique a montré que la célestine était le principal constituant et qu'elle était accompagnée de calcite, de galène, de sphalérite et de pyrite selon un ordre d'abondance décroissant. La microanalyse par sonde électronique a démontré que le baryum existait en solution solide dans la célestine; la présence de barytine n'a pas été reconnue.
Enrichissement	:	On a réalisé une évaluation en laboratoire, par broyage du produit jusqu'à -75 µm, puis par déschlammage à 10 µm; l'introduction du flottant sulfuré en vrac a été suivi de la flottation de la célestine provenant des résidus de dégrossissage sulfurés; la lixiviation du concentré de flottation de la célestine a permis de réduire la concentration de calcite jusqu'à <0,15 % de $CaCO_3$. L'évaluation en usine pilote a été faite de la même façon, sauf que le broyage a été effectué jusqu'à -150 µm.
Résultats	:	Lors de l'évaluation en laboratoire, on a obtenu par flottation un concentré de célestine titrant 94,4 % de $SrSO_4$, et un taux de récupération de 79 %, dans les conditions de traitement d'un lot; dans les conditions d'un essai de cycle complet, on a obtenu un concentré titrant 91,3 % de $SrSO_4$, et un taux de récupération de 83,4 %. Lors de l'évaluation en usine pilote, on a obtenu un concentré de célestine titrant 92,0 % de $SrSO_4$, 1,48 % de $BaSO_4$, 3,18 % de $CaCO_3$ et 0,54 % de SiO_2 et un taux de récupération de 83,8 %.
Remarques	:	Il a fallu utiliser un agent moussant comme diluant avec le collecteur pour contrôler la production de mousse. Le rebroyage a réduit la sélectivité, à cause de la formation de schlamms; la sélectivité, non la libération, a été le facteur déterminant.

Identification	:	N.-É.-5 (n° de réf. : 16)
Rapport - Titre	:	ÉVALUATION MICROSCOPIQUE ET ÉVALUATION DE LA FLOTTATION DE LA CÉLESTINE RICHE EN CALCITE PROVENANT DU GISEMENT DE MACRAE, CAP-BRETON, NOUVELLE-ÉCOSSE
- Auteur	:	H. Hartjens - Expert-conseil auprès de la société Kaiser Celestite Ltd.
- N° et date	:	1974 (aucun chiffre)
Description de l'échantillon	:	Poids non précisé; 41,6 % de $SrSO_4$, 40,4 % de $CaCO_3$, 11,4 % de SiO_2, 1,8 % de Fe_2O_3 et 1,3 % de $BaSO_4$.
Minéralogie	:	La libération de la célestine a été pratiquement complète avec broyage à 70 % jusqu'à -75 µm, mais des inclusions de calcite ont survécu en faible quantité dans la célestine, jusqu'à 30 µm.
Enrichissement	:	Broyage à 80 % jusqu'à -75 µm, suivi de la flottation de la célestine, et évaluation : 1. de la concentration des réactifs Na_2CO_3 et Na_2SiO_3 2. du contrôle de la dureté de l'eau, 3. de la préflottation de la galène avant celle de la célestine.
Résultats	:	En faisant varier la concentration de Na_2CO_3 et de Na_2SiO_3, on a peu influencé la qualité du concentré de dégrossissage, mais les plus forts taux de récupération correspondaient aux plus forts niveaux d'ajout de ces réactifs. En employant quatre étapes de lavage, on a obtenu un concentré de célestine titrant 88,6 % de $SrSO_4$, et un taux de récupération de 70,5 %.